ANÁLISIS DEL FRACTURAMIENTO PRESENTE EN LA FORMACIÓN LOS SANTOS AL NORESTE Y CENTRO DE LA MESA DE LOS SANTOS, DEPARTAMENTO DE SANTANDER

NATHALIA MARIA CONTRERAS VASQUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2008

ANÁLISIS DEL FRACTURAMIENTO PRESENTE EN LA FORMACIÓN LOS SANTOS AL NORESTE Y CENTRO DE LA MESA DE LOS SANTOS, DEPARTAMENTO DE SANTANDER

NATHALIA MARIA CONTRERAS VASQUEZ

Trabajo de Investigación para optar el Título de:
Geóloga

Director
Jorge Eduardo Pinto Valderrama
Geólogo M Sc.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2008

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO
NATHALIA MARIA CONTRERAS VASQUEZ	1993424

TITULO DEL PROYECTO

ANALISIS DEL FRACTURAMIENTO PRESENTE EN LA FORMACION LOS SANTOS AL NORESTE Y CENTRO DE LA MESA DE LOS SANTOS, DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

REGISTRO Nº	FACULTAD	CARRERA
	FISICOQUIMICAS	GEOLOGIA

CALIFICACION (letra y número)	CREDITOS
APROBADO	

DIRECTOR DEL PROYECTO

NOMBRE	FIRMA
JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA	6727

CALIFICADORES

		FECHA
F LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA	F LUIS CARLOS MANTILLA FIGUEROA	08 A 08 M 01 D
N	N	

Original : Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica.
Copias : Coordinación de Carrera.

F 1000-24

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO
NATHALIA MARIA CONTRERAS VASQUEZ	1993424

TITULO DEL PROYECTO

ANALISIS DEL FRACTURAMIENTO PRESENTE EN LA FORMACION LOS SANTOS AL NORESTE Y CENTRO DE LA MESA DE LOS SANTOS, DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

REGISTRO Nº	FACULTAD	CARRERA
	FISICOQUIMICAS	GEOLOGIA

CALIFICACION (letra y número)	CREDITOS
(4.4) CUATRO PUNTO CUATRO	

DIRECTOR DEL PROYECTO

NOMBRE	FIRMA
JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA	6728

CALIFICADORES

		FECHA
F LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA	F LUIS CARLOS MANTILLA FIGUEROA	08 A 08 M 01 D
N	N	

Original : Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica.
Copias : Coordinación de Carrera.

F 1000-24

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a los campesinos y habitantes de todas las veredas del municipio de Los Santos, Piedecuesta y Girón, que comprenden la Mesa de Los Santos, pues sin su colaboración, atención, orientaciones y recomendaciones no hubiese sido tan instructivo y enriquecedor el trabajo de campo.

Gracias a mis compañeros de tesis por su interés y colaboración.

Y finalmente gracias a INGEOMINAS y a la UIS por la financiación de este proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN
ABSTRACT

INTRODUCCION 10
2. OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GENERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 11
3. METODOLOGIA 12
3.1 MARCO GEOLOGICO 12
3.2 FASE DE CAMPO 14
3.3 FASE DE OFICINA 14
3.4 FASE DE ANALISIS 15
4. RESULTADOS 16
4.1 MAPAS DE DISTRIBUCION ESPACIAL. 16
4.2 ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO. 18
5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS 21
6. CONCLUSIONES 26
7. REFERENCIAS 27

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Datos tomados en campo relacionados con las fracturas 14

Tabla 2. Relación entre el espaciamiento de las diaclasas, la densidad y el interés hidrogeológico. Tomado de Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander. 15

Tabla 3. Perfil de Perforación del Pozo Pinar del Lago 23

Tabla 4. Perfil de Perforación del Pozo La Fuente 25

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Características de Sistemas de Fracturas que controlan el flujo de agua. Tomado de Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander. 13

Figura 2. Mapa de distribución de diaclasas abiertas y cerradas en la Mesa de Los Santos. 16

Figura 3. Mapa de distribución espacial de la densidad de fracturamiento en la Mesa de Los Santos. 17

Figura 4. Mapa de distribución espacial de los rangos de buzamiento de las diaclasas en la Mesa de Los Santos. 18

Figura 5. Diagrama geoestadístico del sector Noreste de la Mesa de Los Santos. a) Superior Izquierda: Diagrama de densidad de polos. b) Superior Derecha: Diagrama de Great Circle. c) Inferior: Diagrama de rosetas. 19

Figura 6. Diagrama geoestadístico del sector centro de la Mesa de Los Santos. a) Superior Izquierda: Diagrama de densidad de polos. b) Superior Derecha: Diagrama de Great Circle. c) Inferior: Diagrama de rosetas. 20

Figura 7. Mapa de distribución de los pozos perforados inventariados por INGEOMINAS-UIS (2008) en los sectores noreste y centro de la Mesa de Los Santos. 22

Figura 8. Foto de fracturas abiertas del miembro superior de la Formación Los Santos, Vereda La Fuente, Mesa de Los Santos. 24

RESUMEN

TITULO:
ANALISIS DEL FRACTURAMIENTO PRESENTE EN LA FORMACION LOS SANTOS AL NORESTE Y CENTRO DE LA MESA DE LOS SANTOS, DEPARTAMENTO DE SANTANDER*

AUTOR:
Nathalia María Contreras Vásquez**

Palabras claves:
Fracturas, densidad, apertura, interconexión, dirección de buzamiento, Mesa de Los Santos.

DESCRIPCIÓN:

Los patrones de diaclasamiento de las rocas condicionan la porosidad secundaria por fracturamiento. Estas estructuras permiten la infiltración, la circulación del agua y la recarga del acuífero, siempre y cuando exista mayor densidad de fracturas que afloren en superficie, que se encuentren interconectadas y que tengan una apertura mínima. En la Mesa de Los Santos se encuentran las rocas de la Formación Los Santos que han sido divididas en tres miembros, los cuales corresponden de base a techo a sublitoconglomerados arenosos, intercalaciones de limolitas y arcillolitas y capas de cuarzoarenitas de grano fino a muy fino. Estas rocas afloran al noreste y centro de la Mesa de Los Santos y son de interés hidrogeológico debido a su estado de fracturamiento. Las fracturas abiertas se han generado por la acción del esfuerzo compresivo con una tendencia casi NS.

Este trabajo pretende analizar las características de tales fracturas como la apertura, la densidad, la cantidad y dirección del buzamiento y la interconexión entre ellas. Para este estudio se usa una metodología que incluye el análisis de los datos de campo, la elaboración de mapas de distribución de estas características empleando el software Golden Surfer 8 y por último el análisis geoestadístico de las fracturas de los sectores de interés mediante el software Tectoniscs fp 1.6.4. Este artículo propone la existencia de acuíferos fracturados en la Formación Los Santos principalmente en su miembro superior, en el cual las fracturas actúan como canales de flujo y almacenan el agua.

---

* Trabajo de Investigación

** Facultad de Ing. Fisicoquímicas, Escuela de Geología, Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama.

ABSTRACT

TITTLE:
ANALYSIS OF FRACTURES IN LOS SANTOS FORMATION TO THE NORTHEAST AND CENTER OF MESA DE LOS SANTOS AREA, DEPARTMENT OF SANTANDER.*

AUTHOR:
Nathalia María Contreras Vásquez**

Key Words:
Fractures, density, opening, interconnection, dip direction, Mesa de Los Santos.

DESCRIPTION:

Rocks joint's patterns condition the secondary porosity due to fracturing. These structures allow infiltration, circulation of water and aquifer recharge, as long as there are highest density of surface fractures in that area, which are interconnected and have a minimum opening.
In Mesa de Los Santos area, there are rocks of Los Santos Formation that have been divided in three members: sandy sublitoconglomerates beds in the base, siltstones and claystones intercalations and sandstones of quarz with fine and very fine grain in topset bed. This rocks exposed to the northeast and center of Mesa de Los Santos area have an hydrogeological importance due to their fracturing state. Open fractures have been generated by the action of compressional stress with almost NS trend.

This paper seeks to analyze the characteristics of fractures such as opening, density, number and dip direction, and interconnection among them. For this study, a methodology is used including analysis of the field data, mapping the distribution of these features by using the software Golden Surfer 8, and finally geostatistical analysis of fractures in the sectors of interest by software Tectoniscs fp 1.6.4. This article proposes the existence of fractured aquifers mainly in Los Santos Formation in its upper member, which fractures act as flow channels and store water.

---

* Research

** Facultad de Ing. Fisicoquímicas, Escuela de Geología, Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama.

INTRODUCCION

Este trabajo se realiza dentro del macroproyecto de “Investigación Geológica e Hidrogeológica en la Mesa de Los Santos y el Sector Nordeste de Curití, Departamento de Santander”, que desarrolla el Grupo de Investigación en Mineralogía, Petrología y Geoquímica-MINPETGEO en el marco del convenio de cooperación suscrito entre la Universidad Industrial de Santander – UIS y el Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS. El presente estudio analiza las características del fracturamiento en las rocas de la Formación Los Santos que afloran en el noreste y centro de la Mesa de Los Santos, en las Veredas Holanda, El Verde, La Fuente y Tabacal; estas características de importancia hidrogeológica son la densidad, la apertura, el buzamiento, la dirección y la interconexión de las fracturas.

La Mesa de Los Santos se localiza al Oeste de la Cordillera Oriental y comprende parte de los municipios de Los Santos y Piedecuesta en el Departamento de Santander. Algunos trabajos realizados en esta área comprenden los relacionados con el estudio de las estructuras y la evolución morfoestructural de la zona de mesas en Santander, que incluye la Mesa de Los Santos (Julivert, 1958) y la elaboración de la cartografía geológica detallada de la región a escala 1:50000 (Julivert et al, 1964). Otros estudio corresponde a la relación entre el Sistema de Fallas del Suárez y de Bucaramanga, donde se realiza un análisis estadístico de diaclasas tomadas en diferentes formaciones, entre ellas la Formación Los Santos (Díaz y Suárez, 1998).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer sectores de importancia hidrogeológica relacionada con las fracturas de la Formación Los Santos en la Mesa de Los Santos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar e interpretar los datos de campo relacionados con la apertura, espaciamiento, dirección y cantidad de buzamiento de las fracturas asociadas a las rocas de la Formación Los Santos.
- Recopilar y analizar la documentación de pozos perforados en la Mesa de Los Santos, con el fin de evaluar la profundidad del fracturamiento en los sectores donde se encuentran los pozos.

3. METODOLOGIA

3.1 MARCO GEOLOGICO

La Mesa de Los Santos se localiza en el flanco occidental de la Cordillera Oriental y se encuentra enmarcada regionalmente entre las fallas Bucaramanga y Suárez; localmente se encuentra afectada por un esfuerzo compresivo N-S y un esfuerzo distensivo E-W, con valores de σ1: 345/14 y σ3: 81/21, respectivamente. Estos esfuerzos generan un elipsoide de deformación que se ajusta al trazo de las fallas de la Mesa, y que presentan dos orientaciones principales NW y NE (INGEOMINAS-UIS, 2008). Los controles estructurales y los patrones de diaclasamiento en la Mesa de Los Santos condicionan la porosidad secundaria por fracturamiento y la dirección del flujo, según la presencia de diaclasas, fallas, o pliegues. Algunas de estas estructuras permiten la infiltración, la circulación del agua y la recarga del acuífero, siempre y cuando exista mayor densidad de fracturas que afloren en superficie, que se encuentren interconectadas y que tengan una apertura mínima. (Figura 1).

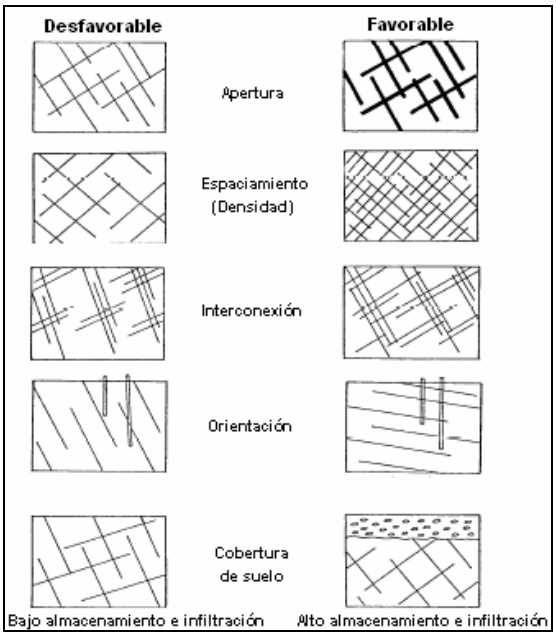

Figura 1. Características de Sistemas de Fracturas que controlan el flujo de agua. Tomado de Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander.

Geomorfológicamente la Formación Los Santos se caracteriza por pendientes suaves a planas en el centro de la Mesa y formas escarpadas hacia sus bordes. Litológicamente se subdivide en tres miembros: el miembro inferior constituido por capas medias a gruesas de conglomerados arenosos y areniscas conglomeráticas de color rojo grisáceo; el miembro medio constituido por limolitas y arcillolitas de color marrón rojizo con manchas verdosas grisáceas intercaladas con areniscas de grano muy fino a medio y el miembro superior compuesto por capas medianas a gruesas con geometría cuneiforme de cuarzoarenitas y sublitarenitas de color amarillo grisáceo (INGEOMINAS-UIS, 2008).

Esta formación suprayace a la Formación Jordán en discordancia angular e infrayace concordantemente a la Formación Cumbre.

3.2 FASE DE CAMPO

En la fase de campo se recopilaron 605 datos de fracturas para los cuales se tuvo en cuenta las coordenadas, el azimuth, la dirección y cantidad del buzamiento, el espaciamiento entre fracturas (en cm.) y el tipo de litología (Tabla 1).

Tabla 1. Datos tomados en campo relacionados con las fracturas

Coordenadas	Azimuth	Buzamiento	Espaciamiento (cm)	Litología

3.3 FASE DE OFICINA

En esta fase se clasificaron los datos de campo y 162 suministrados por INGEOMINAS, para un total de 767 datos de diaclasas o fracturas. Se crearon 3 bases de datos según: la apertura, se especificó si las diaclasas eran abiertas o cerradas según las direcciones de los esfuerzos compresivo y distensivo; la densidad (Tabla 2), se clasificaron 431 datos de campo en densidad alta (espaciamiento menor de 20 cm.), densidad media (entre 20 y 50 cm.) y densidad baja (mayor a 50 cm.) y finalmente para el buzamiento se tomaron los 767 datos, los cuales se distribuyeron en cinco rangos de buzamiento: entre 0°-10°, 10°-20°, 20°-40°, 40°-70° y 70°-90°.

Con el fin de obtener mapas de distribución espacial de los datos de apertura, densidad y buzamiento de las diaclasas, se espacializaron los datos usando el método de interpolación Kriging del software Surfer 8 (Golden Software, 2004); esta espacialización se realizó por bloques estructurales definidos por INGEOMINAS-UIS (2008) con el objetivo de disminuir el error al interpolar.

Tabla 2. Relación entre el espaciamiento de las diaclasas, la densidad y el interés hidrogeológico. Tomado de Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander.

Nombre	Espaciamiento (cm)	Rango de Densidad	Interés Hidrogeológico
Muy juntas a bastante próximas	Menor de 20	Alta	Alto
Bastante próximas a próximas	Entre 20 – 50	Media	Medio
Próximas a separadas	Mayor de 50	Baja	Bajo

3.4 FASE DE ANALISIS

Al analizar los tres mapas de distribución espacial de los rasgos del fracturamiento y teniendo en cuenta la distribución de los pozos perforados inventariados por INGEOMINAS-UIS (2008), se seleccionaron dos sectores de importancia hidrogeológica que corresponden al noreste y centro de la Mesa de Los Santos. Para estos sectores se realizó un proceso geoestadístico mediante el software Tectonics FP 1.6.4 con el fin de determinar las familias principales de diaclasas y su interconexión. Se graficaron los respectivos diagramas de rosetas, de densidad de polos y great circle para cada sector. Finalmente se utilizaron los informes de perforación de pozo de la compañía Terramundo Drilling, correspondientes a las veredas de los dos sectores, con el fin de comparar y verificar el análisis espacial y geoestadístico anterior.

4. RESULTADOS

4.1 MAPAS DE DISTRIBUCION ESPACIAL.

El mapa de distribución de la apertura de las diaclasas refleja las áreas de mayor dominio de diaclasas abiertas o diaclasas cerradas. Las diaclasas abiertas se concentran principalmente en el noreste, centro y en los escarpes de la Mesa. Por el contrario, el diaclasamiento cerrado se presenta al suroeste y este de la Mesa (FIGURA 2). Estas áreas con mayor presencia de diaclasas abiertas tienen mayor importancia hidrogeológica, pues la infiltración y el flujo de agua son mucho mejores que en las áreas con diaclasamiento cerrado, donde el flujo es lento.

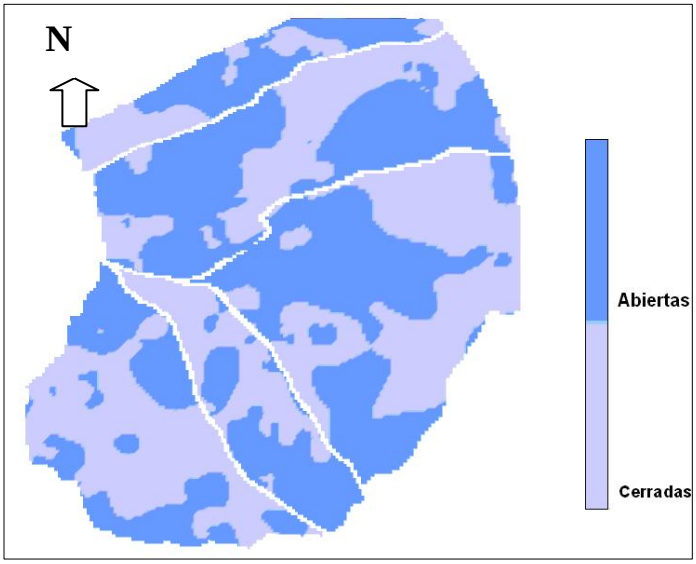

Figura 2. Mapa de distribución de diaclasas abiertas y cerradas en la Mesa de Los Santos.

La distribución espacial de la densidad muestra altas densidades de fracturamiento en los escarpes hacia el este de la Mesa de Los Santos, en la cuenca remontante de la Vereda La Purnia y la cuenca colgante de la Quebrada Potreros. Las bajas densidades de fracturamiento dominan el suroeste, norte y parte del centro de la Mesa de Los Santos (FIGURA 3).

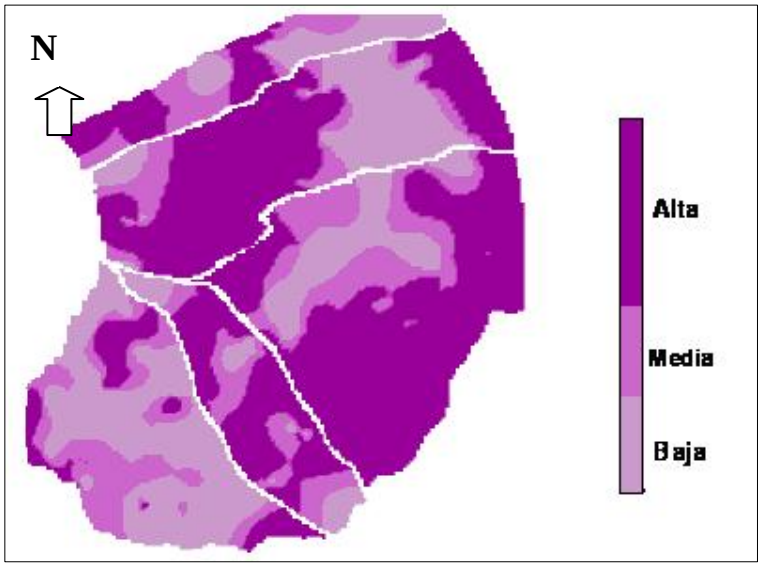

Figura 3. Mapa de distribución espacial de la densidad de fracturamiento en la Mesa de Los Santos.

El mapa de distribución del buzamiento indica que la mayoría de diaclasas en toda la zona presenta buzamientos entre 70° y 90°, y en menor rango se registran buzamientos entre 40° y 70° (FIGURA 4).

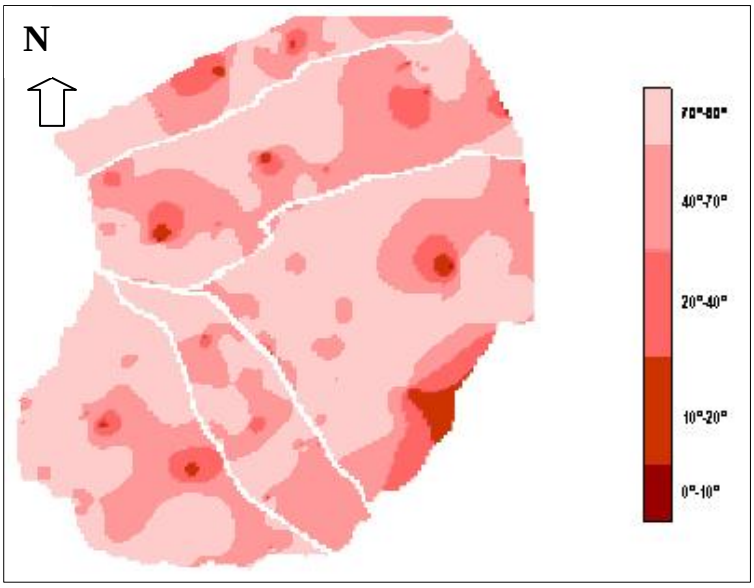

Figura 4. Mapa de distribución espacial de los rangos de buzamiento de las diaclasas en la Mesa de Los Santos.

4.2 ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO.

El diagrama de densidad de polos permite determinar la dirección y buzamiento predominantes de familias de diaclasas, para evitar el análisis de gran cantidad de datos dispersos (Tomás et al, 2002). Este diagrama junto con las rosetas y el great circle facilitaron este proceso estadístico, obteniéndose los siguientes resultados.

El sector que corresponde a la Vereda Holanda, contiene las siguientes familias de diaclasas J1: 7/76, J2: 267/82, J3: 288/75, J4:53/76 y J5: 190/68; con orientaciones preferenciales NS y EW. (FIGURA 5a y 5c)

El segundo sector, que corresponden a las veredas El Verde, La Fuente y Tabacal, presenta las siguientes familias de diaclasas J1: 326/83, J2: 30/83 y J3: 152/83; cuya orientación corresponde a las direcciones NW-SE, NS y NE-SW. (FIGURA 6a y 6c)

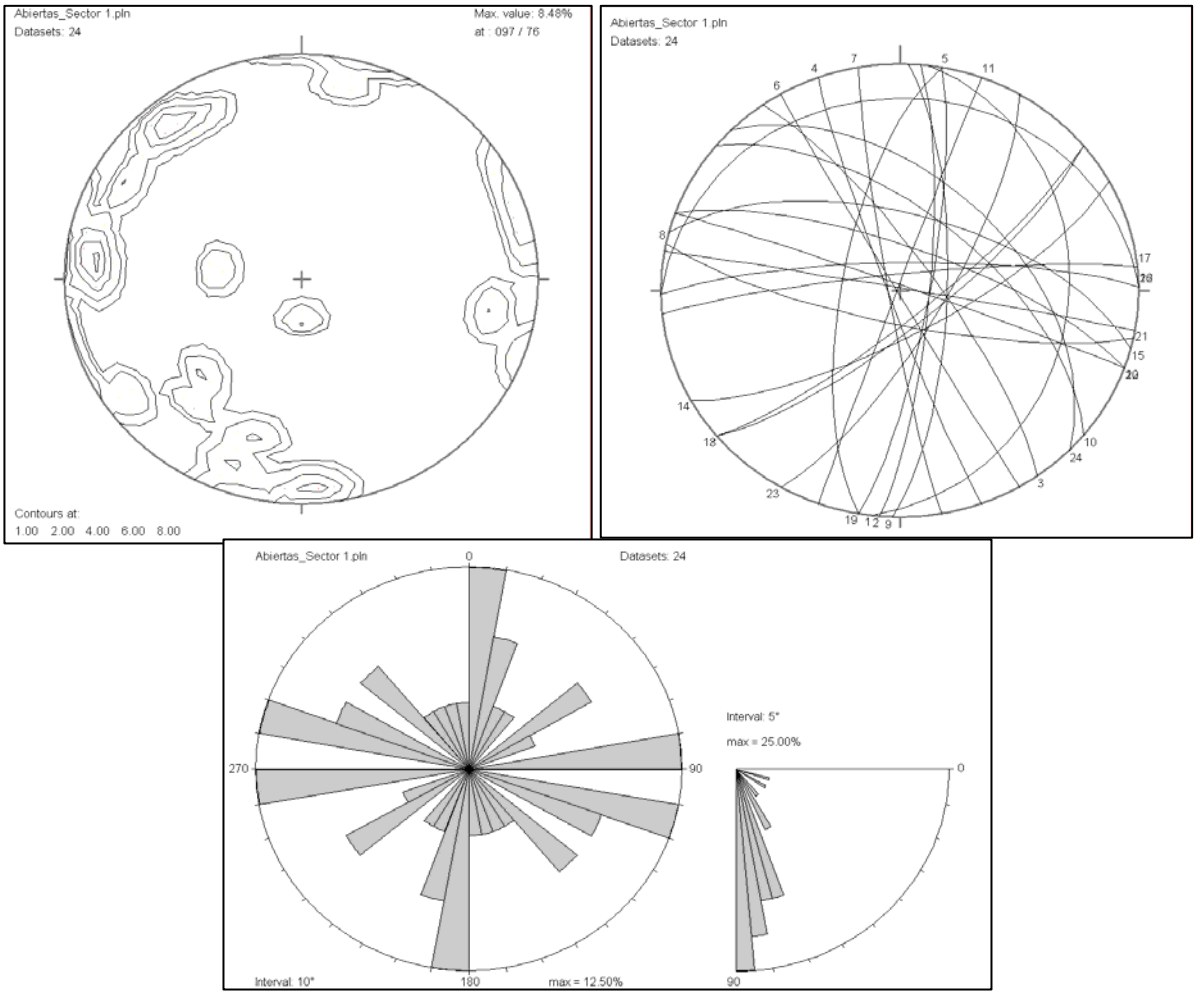

Figura 5. Diagrama geoestadístico del sector Noreste de la Mesa de Los Santos. a) Superior Izquierda: Diagrama de densidad de polos. b) Superior Derecha: Diagrama de Great Circle. c) Inferior: Diagrama de rosetas.

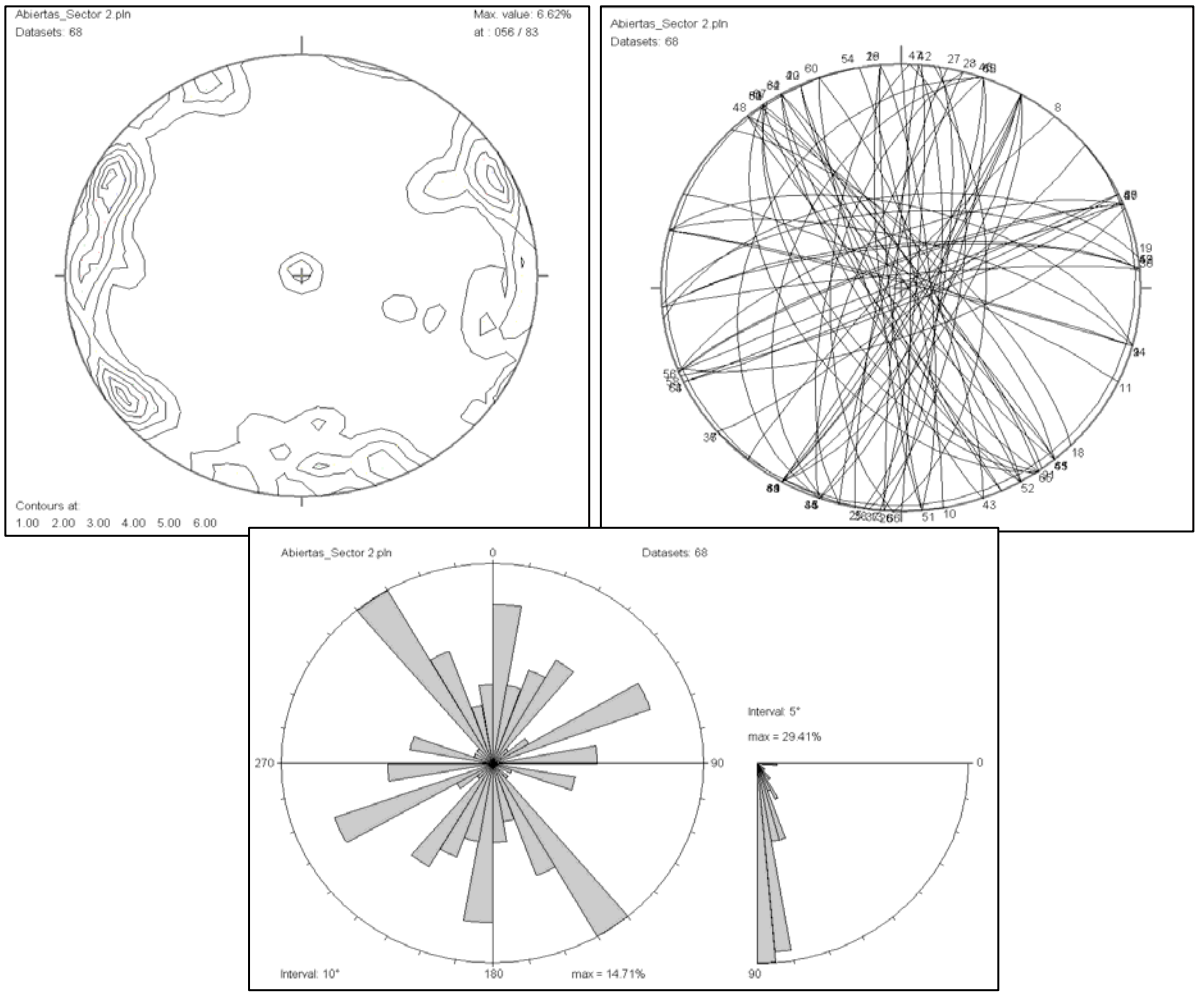

Figura 6. Diagrama geoestadístico del sector centro de la Mesa de Los Santos. a) Superior Izquierda: Diagrama de densidad de polos. b) Superior Derecha: Diagrama de Great Circle. c) Inferior: Diagrama de rosetas.

5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los tres rasgos de fracturamiento analizados en general en la Formación Los Santos, mostraron que existen tres zonas que posiblemente permiten la infiltración, la circulación del agua y la recarga del acuífero. Estas zonas son, el sureste de la Mesa donde predominan las diaclasas abiertas con alta a media densidad de fracturamiento; la zona centro y noreste de la Mesa que contiene diaclasas abiertas con baja densidad de fracturamiento y el norte de la Mesa que presenta diaclasas cerradas y abiertas con baja densidad de fracturamiento. En estas tres zonas los buzamientos son en su mayoría entre 70° y 90°, esto implica que en áreas de altas precipitaciones ocurra una rápida infiltración del agua.

Aunque la zona centro y noreste de la Mesa presenta una densidad de fracturamiento bajo, (espaciamiento mayor a 50 cm.), constituye la zona de mayor interés para el análisis detallado del fracturamiento, pues allí se encuentran la mayoría de pozos perforados inventariados por INGEOMINAS-UIS (2008) (FIGURA 7).

En el sector noreste de la Mesa, Vereda Holanda, se encuentran cinco familias de diaclasas las cuales están interconectadas (FIGURA 5b) lo que posiblemente facilita el flujo de agua a través del acuífero en dirección del buzamiento, ya que los buzamientos entre 40° y 70° dominan el sector. Este posible flujo a través de las fracturas seguiría las direcciones este, norte y noreste principalmente y en menor proporción habría un flujo en dirección sureste y suroeste. En este sector se encontraron 9 pozos perforados con profundidades entre 35 m

y 108 m. (INGEOMINAS-UIS, 2008). Según los informes de perforación de la compañía Terramundo Drilling, se presentan dos perfiles de perforación que describen la profundidad y su relación con el fracturamiento de la roca.

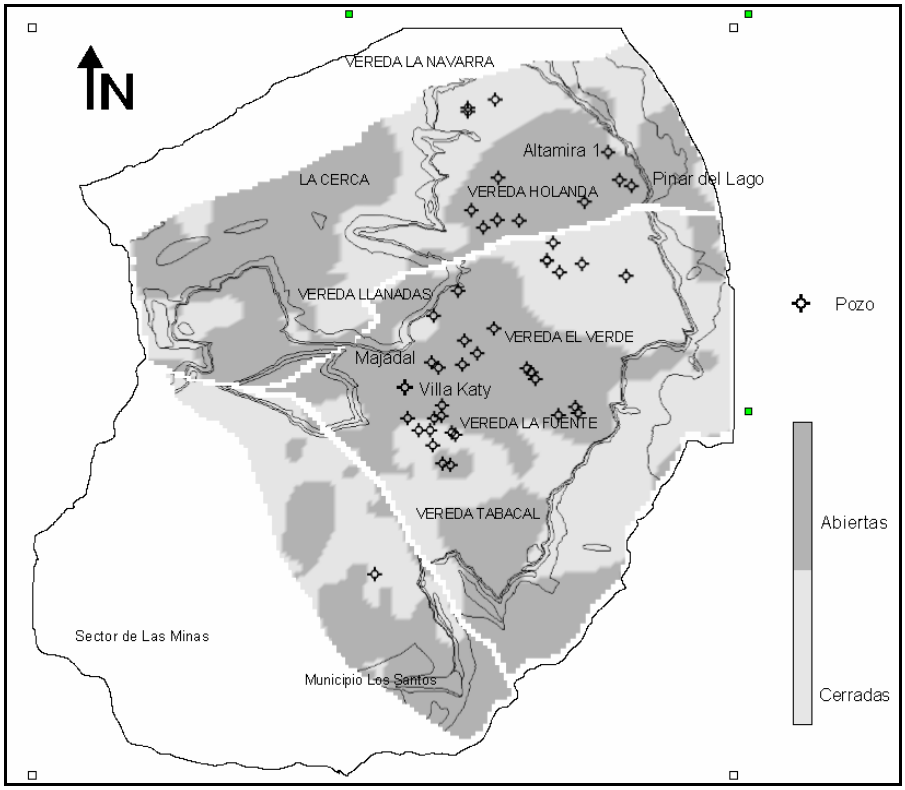

Figura 7. Mapa de distribución de los pozos perforados inventariados por INGEOMINAS-UIS (2008) en los sectores noreste y centro de la Mesa de Los Santos.

El pozo de Altamira 1 con una profundidad de 80.3 m contiene fracturas con señales de flujo de agua desde los 8.5 m de perforación hasta alcanzar su profundidad total; estas fracturas son perpendiculares y transversales con respecto a los planos de estratificación. El pozo de Pinar del Lago con una profundidad total de 85 m reporta fracturas abiertas y oxidadas desde los 27.5 m hasta los 55 m y a partir de los 65.6 m hasta los 85 m se encuentra arenisca porosa saturada de agua (TABLA 3). Esto permite inferir que en este sector las fracturas son un canal de alta permeabilidad que contribuye al flujo de agua hasta su posterior almacenamiento en areniscas más profundas con mayor porosidad primaria que las situadas hacia el tope de la Formación Los Santos.

Tabla 3. Perfil de Perforación del Pozo Pinar del Lago

Profundidad total	**85 m.**
27.5-31 m.	fracturas longitudinales abiertas y oxidadas
32-34 m.	fracturas longitudinales abiertas y oxidadas
44.7-44.9 m.	fractura diagonal abierta
45-48 m.	fractura diagonal abierta, seca
53-55 m.	fracturas longitudinales abiertas y oxidadas
64-65.6 m.	fractura diagonal abierta
65.6-73.9 m.	arenisca cuarzosa saturada y porosa
75-78 m.	fracturas abiertas y porosidad saturada
84-84.5 m.	fracturas abiertas y porosidad saturada

El sector centro de la Mesa de Los Santos, Veredas El Verde, La Fuente y Tabacal, se caracteriza por presentar tres familias de diaclasas que se encuentran interconectadas (FIGURA 6b) con buzamientos preferencialmente entre 70° y 90° y una apertura entre 1 y 10 cm. (FIGURA 8).

Figura 8. Foto de fracturas abiertas del miembro superior de la Formación Los Santos, Vereda La Fuente, Mesa de Los Santos.

En este sector se hallaron 20 pozos perforados con profundidades entre 27 y 105 m. La compañía TERRAMUNDO presenta tres perfiles de perforación de los pozos La Fuente, Villa Katy y Majadal. El pozo Villa Katy tiene una profundidad de 90.6 m y reporta fracturas perpendiculares y diagonales con señales de flujo de agua desde los 25 hasta los 88 m.

El pozo La Fuente con una profundidad total de 99 m, presenta fracturas a lo largo del perfil de perforación hasta los 88 m donde reporta un conglomerado sin fracturas (TABLA 4). Finalmente en el pozo Majadal, que tiene una profundidad de 80 m, se manifiestan fracturas longitudinales y oxidadas desde los 27.5 m hasta los 65.6 m. En este sector las fracturas se presentan como posibles fuentes de almacenamiento y no sólo como canales de flujo.

Tabla 4. Perfil de Perforación del Pozo La Fuente

Profundidad total	**99 m.**
15.5 m.	roca fracturada. Posible acuífero, friable o deleznable
38-42 m.	roca muy fracturada
51-53 m.	fractura
60.2-60. m.5	fractura
67-68 m.	porosidad secundaria
77-77.5 m.	porosidad secundaria
82.8 m.	fracturas, areniscas bien cementadas
88 m.	sin fracturas, conglomerado

Estos resultados probablemente indican la presencia de acuíferos fracturados en la Formación Los Santos, pero no es posible definir hasta qué miembro de esta formación se está perforando pues los informes no poseían columnas estratigráficas detalladas que facilitaran tal análisis. Sin embargo, es posible definir que el miembro superior de la Formación Los Santos sería uno de los acuíferos fracturados, pues es el que aflora en superficie y algunos pozos de ambos sectores no son tan profundos pues sólo alcanzan los 27 y 35 m.

6. CONCLUSIONES

Con la distribución espacial y el análisis geoestadístico anteriormente descritos se reconocen dos sectores de gran interés. El primero ubicado al noreste de la Mesa, probablemente constituye un acuífero en el que las fracturas son de gran importancia pues permiten la recarga del acuífero y el flujo de agua en ciertas direcciones. El segundo sector que corresponde al centro de la Mesa, es un sector que a profundidad presenta mayor grado de fracturamiento lo que indica un acuífero fracturado. Debido a la poca profundidad de los pozos, es evidente que el miembro superior de la Formación Los Santos es el acuífero principal y el que está siendo más explotado en el área. Sin embargo, este análisis y estudio es preliminar y se necesitan otras herramientas para corroborar o mejorar esta propuesta.

Se recomienda utilizar estudios geofísicos que permitan identificar con mayor grado de precisión la situación de las fracturas a profundidad, así como obtener perfiles de perforación mucho más detallados litológicamente para establecer cuál otro miembro de la formación Los Santos es el principal acuífero de los sectores trabajados.

7. REFERENCIAS

Díaz, G., y Suárez, M., 1998. Evidencias Geotectónicas del sistema de fallas del Suárez en su confluencia con el sistema de fallas de Bucaramanga. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander.

Golden Software, 2004. Manual del usuario del software Surfer versión 8. www.goldensoftware.com

INGEOMINAS-UIS, 2007. Memoria Explicativa de la Investigación Geologica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander. Proyecto de Investigación Geológica e Hidrogeológica en la Región Central del Departamento de Santander. Tomo I.

INGEOMINAS–UIS, 2008. Investigación Geológica e Hidrogeológica en la Mesa de Los Santos, Sector Nordeste de Curití, Departamento de Santander. Documento en revisión.

Julivert, M., 1958. La morfoestructura de la zona de Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología, No. 1, pp 7-44.

Julivert, M., Barrero y Navas, 1964. Geología de la Mesa de Los Santos. Boletín de Geología, No.18, pp. 5-11.

Tectonics FP 1.6.4, Software. Versión Demo.

Terramundo Drilling. Informes de perforación de pozos. Material no publicado.

Tomás, R., Ferreiro, I., Santana, I. y Díaz, M., 2002. Aplicaciones de la Proyección Estereográfica en Ingeniería Geológica. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Universidad de Alicante, España.